Iranian Journal of Animal Science Research
Vol. 13, No. 4, Winter 2022, p. 551-567

نشریه پژوهشهای علوم دامی ایران
جلد ۱۳، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰، ص. ۵۶۷-۵۵۱

مقاله پژوهشی

تأثیر محدودیت کلسیم و فسفر جیره در دوره رشد بر عملکرد، صفات لاشه و فراسنجه‌های خون، استخوان و عادت‌پذیری جوجه‌های گوشتی در دوره پایانی

هادی نوروزی[۱]، احمد حسن آبادی[۲]*، ابوالقاسم گلیان[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۳/۰۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۱۳

نوروزی، ه.، ا. حسن آبادی، و ا. گلیان. ۱۴۰۰. تأثیر محدودیت کلسیم و فسفر جیره در دوره رشد بر عملکرد، صفات لاشه و فراسنجه‌های خون، استخوان و عادت‌پذیری جوجه‌های گوشتی در دوره پایانی. پژوهشهای علوم دامی ایران ۱۳(۴): ۵۶۷-۵۵۱.

چکیده

به‌منظور بررسی اثر محدودیت کلسیم و فسفر جیره در دوره رشد بر عملکرد، شاخص‌های لاشه، فراسنجه‌های خون، استخوان و پاسخ عادت‌پذیری جوجه‌های گوشتی در دوره پایانی، آزمایشی با استفاده از ۶۴۸ قطعه جوجه گوشتی یک‌روزه نر سویه راس ۳۰۸ در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. تمام جوجه‌ها در دوره آغازین با یک جیره استاندارد تغذیه شدند. سه تیمار آزمایشی در دوره رشد (۲۴-۱۱ روزگی) شامل: ۱) جیره استاندارد (سطح توصیه شده) به‌عنوان شاهد، ۲) جیره با ۱۵ درصد کاهش در میزان کلسیم و فسفر قابل‌دسترس نسبت به احتیاجات، ۳) جیره با ۳۰ درصد کاهش در میزان کلسیم و فسفر قابل‌دسترس نسبت به احتیاجات بود. در این دوره، تیمار شاهد دارای ۶ تکرار ۱۲ قطعه‌ای و دو تیمار دیگر هر کدام شامل ۲۴ تکرار با ۱۲ قطعه جوجه بودند. در ابتدای دوره پایانی (۲۵ روزگی) هر تیمار (به‌جز تیمار شاهد) به ۴ گروه شامل صفر، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد کاهش در سطح کلسیم و فسفر قابل‌دسترس جیره تقسیم شد؛ به‌طوری که در این دوره ۹ تیمار با ۶ تکرار و ۱۲ قطعه جوجه در هر تکرار تشکیل شد. عملکرد رشد پرندگان در دوره رشد، پایانی و کل دوره آزمایشی تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت. وزن نسبی کبد در سن ۲۴ روزگی با کاهش سطح کلسیم و فسفر قابل‌دسترس با یک روند خطی افزایش یافت. غلظت آلکالین‌فسفاتاز خون جوجه‌ها در سن ۲۴ روزگی تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفت؛ به‌طوری که با کاهش سطح کلسیم و فسفر جیره، غلظت این آنزیم با یک روند خطی افزایش یافت. میزان خاکستر، کلسیم و فسفر استخوان درشت‌نی در سن ۲۴ و ۴۲ روزگی به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفت؛ به‌طوری که با کاهش سطح کلسیم و فسفر قابل‌دسترس جیره، با یک روند خطی کاهش یافتند. مقاومت در برابر شکست استخوان درشت‌نی در سن ۲۴ روزگی معنی‌دار نبود؛ با این وجود در سن ۴۲ روزگی تمایل به معنی‌داری داشت و با کاهش سطح کلسیم و فسفر قابل‌دسترس جیره کاهش یافت. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که می‌توان کلسیم و فسفر قابل‌دسترس جیره جوجه‌های گوشتی در دوره رشد را تا ۱۵ درصد و در دوره پایانی تا ۱۰ درصد بدون تأثیر منفی بر عملکرد رشد کاهش داد.

واژه‌های کلیدی: آلکالین‌فسفاتاز، افزایش وزن، خاکستر درشت‌نی، مقاومت در برابر شکست، مصرف خوراک.

مقدمه

در سالیان اخیر افزایش هزینه‌های مربوط به خوراک در پرورش جوجه‌های گوشتی و نگرانی از آلودگی محیط زیست به فسفر، متخصصان تغذیه را به کاهش هزینه‌های مربوطه همراه با حفظ عملکرد بهینه جوجه‌های گوشتی و به حداقل رساندن آلودگی‌های

۱-دانشجوی دکتری تغذیه طیور، گروه علوم دامی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
۲-استاد گروه علوم دامی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
(*- نویسنده مسئول: Email: hassanabadi@um.ac.ir)
Doi:10.22067/ijasr.2021.38295.0

زیست‌محیطی ترغیب کرده است. کلسیم و فسفر دو ماده معدنی مهم در جیره غذایی طیور می‌باشند که استفاده بهینه از آنها در تغذیه طیور امری ضروری است. آلودگی‌های زیستی در نتیجه مصرف بیش‌از حد فسفر در جیره طیور موضوع نگران‌کننده‌ای است که محققان را به دنبال راهکارهایی از جمله کاهش غلظت فسفر قابل‌دسترس جیره و بالا بردن بهره‌وری آنها بدون اثر منفی بر عملکرد طیور وا داشته است. همچنین به دلیل وجود اثر تداخلی بین کلسیم و فسفر جیره در دستگاه گوارش، نسبت و توازن بین این دو عنصر نیز موضوعی حائز اهمیت است. بیان شده است که جوجه‌های گوشتی هنگام مصرف جیره‌های حاوی سطوح پایین‌تر کلسیم و فسفر، این مواد را با بازدهی بهتری جذب کرده و در نتیجه کاهش دفع آن‌ها از دستگاه گوارش را به همراه خواهد داشت (۲۰).

یکی از راه‌کارهای تغذیه‌ای برای استفاده مؤثر از فسفر، استفاده از محدودیت فسفر به منظور افزایش راندمان استفاده از آن می‌باشد. مطالعات اندکی در زمینه سطوح پایین‌تر مواد معدنی در دوره اولیه و جبران این وضعیت در دوره رشد بعدی انجام شده است. پرندگان تغذیه شده با سطوح کلسیم و فسفر غیرفیتاتی پایین جیره از ۵ تا ۱۵ روزگی، عملکرد رشد و شاخص‌های استخوانی یکسانی پس از یک دوره تکمیلی ۱۱ روزه داشتند. بخشی از این مکانیسم عادت‌پذیری می‌تواند مربوط به تحریک جذب کلسیم و فسفر در شرایط کمبود باشد به‌طوری که رشد جبرانی و بهبود پارامترهای استخوانی در سن ۳۲-۱۸ روزگی پس از یک دوره اولیه کاهش ملایم در میزان کلسیم و فسفر مشاهده شد (۳۰). با این حال شدت محدودیت و شرایط بهینه جبران (به عنوان مثال زمان‌بندی، سطح کلسیم و فسفر) هنوز نیازمند تنظیم دقیق و تأیید در شرایط عملی می‌باشد (۱۳، ۲۵).

سازوکارهای دخیل در ظرفیت عادت‌پذیری جوجه‌های گوشتی به میزان کمی شناخته شده‌اند. با توجه به مطالعات گذشته، مجموعه‌ای از ژن‌های کد کننده انتقال دهنده‌های کلسیم و فسفر در انتروسیت‌های روده در اثرات بلندمدت عدم توازن کلسیم و فسفر دخیل می‌باشد. به عنوان مثال، کاهش ملایم کلسیم و فسفر جیره جوجه‌های گوشتی از زمان هچ به مدت ۹۰ ساعت منجر به تحریک بیان mRNA کوترانسپورتر Na^+ در روده کوچک شد (۳). افزون بر این، در جوجه‌های تغذیه شده با جیره دارای کمبود کلسیم و فسفر از ۱۹ تا ۲۶ روزگی افزایش سنتز کالبیندین (CALB1) روده‌ای و بیان بیشتر mRNA آن مشاهده شد (۶). افزایش ۲ تا ۳ برابری بیان mRNA پمپ کلسیم غشای پلاسمایی دئودنوم جوجه‌های ۲۰ روزه که به مدت ۱۰ روز با جیره‌های با کمبود کلسیم و فسفر تغذیه شده‌اند، گزارش شده است (۳ و ۶).

برخی از متخصصان تغذیه معتقدند که سطوح کلسیم و فسفر جیره جوجه‌های گوشتی کمی بیش از میزان احتیاجات جوجه‌ها است. متاآنالیز انجام شده توسط این محققان نشان داد که مصرف به ترتیب ۶ و ۳ گرم کلسیم و فسفر غیرفیتاته در جوجه‌های گوشتی ۲۱ روزه عملکرد رشد را تحت تأثیر قرار نداد (۱۸). کاهش کلسیم و فسفر غیرفیتاته جیره، قابلیت دسترسی فسفر در دستگاه گوارش را افزایش می‌دهد؛ اما کاهش شدید و غیرقابل جبران آن‌ها می‌تواند باعث معدنی‌شدن ضعیف استخوان‌ها و در نتیجه کاهش رفاه پرنده گردد (۲).

مطالعات بیشتری به منظور بررسی عادت پذیری جوجه‌های گوشتی به سطوح جیره‌ای پایین کلسیم و فسفر قابل‌دسترس و تنظیم دقیق دوره زمانی مناسب برای اعمال کمبود با هدف طراحی راهکارهای تغذیه‌ای که بهره‌وری کلسیم و فسفر را افزایش داده و عملکرد رشد و معدنی‌شدن استخوان را بهبود بخشد، مورد نیاز است. به‌طور ویژه، اثر کاهش سطح کلسیم و فسفر جیره در دوره رشد بر ظرفیت عادت‌پذیری جوجه‌ها در دوره پایانی نیازمند بررسی‌های بیشتری است. از این رو، هدف از مطالعه حاضر بررسی اثر کاهش کلسیم و فسفر قابل‌دسترس جیره در دوره رشد بر عادت پذیری جوجه‌های گوشتی در دوره پایانی و عملکرد رشد، صفات لاشه، فراسنجه‌های خون و استخوان آنها بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دام و طیور دانشگاه فردوسی مشهد با استفاده از ۶۴۸ قطعه جوجه گوشتی یک‌روزه نر سویه راس ۳۰۸ انجام شد. تمامی جوجه‌ها در دوره آغازین (۱۰-۱ روزگی) با یک جیره استاندارد تغذیه شدند. شروع آزمایش از ابتدای دوره رشد (سن ۱۱ روزگی) بود و تیمارهای آزمایشی در دوره رشد (۲۴-۱۱ روزگی) و دوره پایانی (سن ۴۲-۲۵ روزگی) اعمال شدند. جیره‌ها با استفاده از نرم افزار UFFDA با سطوح انرژی قابل متابولیسم و پروتئین خام یکسان به گونه‌ای تنظیم گردیدند که کلیه احتیاجات جوجه‌ها بر اساس توصیه سویه راس ۳۰۸ با وزن زنده هدف ۲/۴-۱/۷ کیلوگرم تأمین شود (۵). ترکیب شیمیایی اقلام خوراکی موجود در جیره‌های غذایی از جداول انجمن ملی تحقیقات امریکا (۲۱) استخراج گردید. تیمارهای آزمایشی در دوره رشد شامل ۱) جیره غذایی استاندارد با ۶ تکرار و ۱۲ قطعه جوجه در هر تکرار به عنوان شاهد؛ ۲) جیره غذایی با ۱۵ درصد کاهش در میزان کلسیم و فسفر قابل‌دسترس نسبت به احتیاجات توصیه شده برای سویه راس ۳۰۸ با ۲۴ تکرار و ۱۲ قطعه جوجه در هر تکرار و ۳) جیره غذایی با ۳۰ درصد کاهش در میزان کلسیم و فسفر قابل‌دسترس نسبت به احتیاجات با ۲۴ تکرار و ۱۲ قطعه جوجه در هر تکرار بود. در سن ۲۵ روزگی هر گروه تیماری (به جز تیمار شاهد) به ۴ گروه شامل کاهش سطح کلسیم و فسفر قابل‌دسترس جیره به مقدار صفر، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد نسبت به احتیاجات توصیه شده تقسیم شد؛ به‌طوری‌که در دوره پایانی ۹ تیمار با ۶ تکرار و ۱۲ قطعه پرنده در هر تکرار تشکیل شد. ترتیب تیمارهای غذایی در دوره‌های آغازین، رشد و پایانی در جدول ۱ نشان داده شده است.

مواد مغذی موجود در تمام جیره‌های آزمایشی یکسان بود و فقط در سطوح کلسیم و فسفر قابل‌دسترس اختلاف داشتند (جدول ۲). از ماسه شسته شده به عنوان پرکننده به‌جای دی‌کلسیم‌فسفات و کربنات‌کلسیم در جیره‌های محدود شده استفاده گردید. جیره‌های آزمایشی مورد استفاده و ترکیب شیمیایی آن‌ها در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۱- ترتیب تیمارهای غذایی در دوره‌های آغازین (۱۰-۱ روزگی) رشد (۲۴-۱۱ روزگی) و پایانی (۴۲-۲۵ روزگی)[۱]

Table 1- The arrangement of dietary treatments during starter (1-10 d), grower (11-24 d) and finisher (25-42 d) periods[1]

میزان کاهش سطح کلسیم و فسفر قابل دسترس (درصد نسبت به شاهد) Reduction in dietary calcium and available phosphorus levels (% of standard diet)		
آغازین Starter	رشد Grower	پایانی Finisher
0	0	0
0	15	0
0	15	10
0	15	20
0	15	30
0	30	0
0	30	10
0	30	20
0	30	30

[۱] جیره‌های غذایی بر اساس احتیاجات توصیه شده برای سویه راس ۳۰۸ با وزن زنده هدف ۲/۴-۱/۷ کیلوگرم فرموله شدند (۵).

[۲] عدد اول میزان کاهش کلسیم و فسفر قابل‌دسترس جیره غذایی نسبت به احتیاجات در دوره رشد و عدد دوم میزان کاهش کلسیم و فسفر قابل‌دسترس نسبت به احتیاجات (۵) در دوره پایانی را نشان می‌دهد.

[1] Dietary treatments were formulated according to Aviagen 2014 recommendations with target live weight of 1.70 - 2.40 kg (5).

[2] First and second digits show the percentage of dietary reduction of calcium and available phosphorus from the Ross 308 requirements (5) during grower and finisher periods, respectively.

جدول ۲- ترکیب و میزان مواد مغذی جیره‌های آزمایشی در دوره آغازین، رشد و پایانی۱

Table 2- Ingredients and nutrient composition of starter, grower and finisher diets[1]

اجزای جیره (درصد) Ingredients (%)	آغازین (۱۰-۱ روزگی) Starter (1-10 d)	رشد (۲۴-۱۱ روزگی) Grower (11-24 d)			پایانی (۴۲-۲۵ روزگی) Finisher (25-42 d)			
		میزان کاهش سطح کلسیم و فسفر قابل دسترس (درصد نسبت به شاهد) Reduction in dietary calcium and available phosphorus levels (% of standard diet)						
		0	15	30	0	10	20	30
ذرت Corn	49.20	52.56	52.56	52.56	57.79	57.79	57.79	57.79
کنجاله سویا (۴۴ درصد) Soybean meal (CP, 44%)	41.56	37.78	37.78	37.78	32.29	32.29	32.29	32.29
روغن سویا Soybean oil	4.53	5.41	5.41	5.41	5.97	5.97	5.97	5.97
دی‌کلسیم‌فسفات DCP	1.93	1.71	1.33	0.94	1.54	1.31	1.07	0.84
سنگ آهک Limestone	1.06	0.98	0.86	0.74	0.91	0.84	0.76	0.69
مکمل ویتامینی[۲] Vitamin premix[2]	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
مکمل مواد معدنی[۲] Mineral premix[2]	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
سدیم‌بیکربنات Sodium Bicarbonate	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
نمک طعام Common salt	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29

Continuation of Table 2 **ادامه جدول ۲**

ال-لیزین هیدروکلراید L-Lysine hydrochloride	0.25	0.17	0.17	0.17	0.18	0.18	0.18	0.18
دی ال-متیونین DL-methionine	0.38	0.32	0.32	0.32	0.29	0.29	0.29	0.29
ال-ترئونین L-Threonine	0.11	0.08	0.08	0.08	0.06	0.06	0.06	0.06
کولین کلراید، ۶۰ درصد Choline chloride, 60%	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
ماسه Sand	-	-	0.50	1.01	-	0.30	0.61	0.91
			ترکیب مواد مغذی محاسبه شده (درصد) Calculated nutrient content (%)					
انرژی قابل‌متابولیسم (کیلوکالری بر کیلوگرم) ME (Kcal/kg)	3000	3100	3100	3100	3200	3200	3200	3200
پروتئین خام CP	23	21.5	21.5	21.5	19.50	19.50	19.50	19.50
کلسیم Calcium	0.96	0.87	0.74	0.61	0.79	0.71	0.63	0.55
فسفر قابل دسترس Available phosphorus	0.48	0.44	0.37	0.30	0.40	0.36	0.32	0.28
لیزین Lysine	1.44	1.29	1.29	1.29	1.16	1.16	1.16	1.16
متیونین Methionine	0.72	0.65	0.65	0.65	0.59	0.59	0.59	0.59
متیونین + سیستین Methionine + Cystine	1.08	0.99	0.99	0.99	0.91	0.91	0.91	0.91
ترئونین Threonine	0.97	0.88	0.88	0.88	0.78	0.78	0.78	0.78
سدیم Sodium	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
پتاسیم Potassium	0.98	0.92	0.92	0.92	0.82	0.82	0.82	0.82
کلر Chlorine	0.27	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
اختلاف کاتیون-آنیون DCAD[3]	243.97	231.38	231.17	230.95	207.29	207.16	207.03	206.91

[۱] تیمارهای غذایی بر اساس احتیاجات غذایی سویه راس ۳۰۸ با وزن زنده هدف ۲/۴-۱/۷ کیلوگرم فرموله شدند (۵).

[۲] مکمل ویتامینی و مواد معدنی مواد زیر را در هر کیلوگرم از جیره تأمین می‌کرد: ویتامین A، ۱۲۵۰۰ واحد بین‌المللی؛ ویتامین D۳، ۵۰۰۰ واحد بین‌المللی؛ ویتامین E، ۸۰ واحد بین‌المللی؛ ویتامین K، ۳/۲ میلی‌گرم؛ ویتامین B12، ۰/۰۲ میلی‌گرم؛ تیامین، ۳/۲ میلی‌گرم؛ ریبوفلاوین؛ ۸/۶ میلی‌گرم؛ نیاسین، ۶۲/۵ میلی گرم؛ اسید فولیک، ۲/۲ میلی‌گرم؛ بیوتین، ۰/۲۵ میلی‌گرم؛ پیریدوکسین، ۴/۹ میلی‌گرم؛اسید پنتوتنیک، ۱۸/۵ میلی‌گرم؛ آنتی‌اکسیدان، ۲/۵ میلی‌گرم؛ روی، ۱۱۰ میلی‌گرم؛ منگنز، ۱۲۰ میلی‌گرم؛ سلنیوم، ۰/۳۰ میلی‌گرم؛ ید، ۱/۲۵ میلی‌گرم؛ مس، ۱۶ میلی‌گرم؛ آهن، ۲۰/۲ میلی‌گرم. ۳- اختلاف کاتیون-آنیون جیره

[1] Dietary treatments were formulated according to Aviagen 2014 recommendations with target live weight of 1.70 - 2.40 kg (5).

[2] Provided per kilogram of diet: Vitamin A 12500 IU, vitamin D3 5000 IU, vitamin E 80 IU, vitamin K3 3.2 mg, vitamin B12 0.02 mg, thiamin 3.2mg, riboflavin 8.6 mg, niacin 62.5 mg, folic acid 2.2 mg, biotin 0.25 mg, pyridoxine 4.9 mg, pantothenic acid 18.5 mg, antioxidant 2.5 mg, Zn 110 mg, Mn 120 mg, Se 0.30 mg, I 1.25 mg, Cu 16 mg, Fe 20.2 mg.

[3] Dietary Cation -Anion difference.

جدول ۳- تأثیر کاهش کلسیم و فسفر قابل دسترس جیره غذایی بر میانگین وزن بدن، افزایش وزن روزانه، مصرف خوراک روزانه و ضریب تبدیل غذایی جوجه‌های گوشتی در دوره رشد (۲۴-۱۱ روزگی)

Table 3- Effects of reduction in dietary calcium and available phosphorus levels (%) on growth performance of broiler chickens during 11 to 24 d of age

صفات عملکرد Performance traits	میزان کاهش سطح کلسیم و فسفر قابل دسترس در دوره ۲۴-۱۱ روزگی (درصد نسبت به شاهد) Reduction in dietary calcium and available phosphorus levels from 11 to 24d of age (% of standard diet)			P-value	SEM	مدل تابعیت Contrasts	
	0	15	30			خطی Linear	درجه ۲ Quadratic
						P-Value	
(گرم/پرنده) میانگین وزن بدن ABW (g/bird)	849.62	845.79	824.08	0.3234	10.959	0.1461	0.5020
افزایش وزن روزانه (گرم/پرنده/روز) DWG (g/bird/day)	44.75	44.55	44.05	0.8401	0.751	0.5573	0.8732
مصرف خوراک روزانه (گرم/پرنده/روز) DFI (g/bird/day)	67.47	68.17	67.49	0.8256	0.939	0.9882	0.5497
ضریب تبدیل غذایی (گرم:گرم) FCR (g:g)	1.51	1.53	1.54	0.1505	0.011	0.0883	0.5829

ABW: Average body weight, DWG: Daily weight gain, DFI: Daily feed intake, FCR: Feed conversion ratio

دمای سالن پرورش جوجه‌ها در سن یک‌روزگی در ۳۲ درجه سانتی‌گراد تنظیم شد؛ سپس روزی ۰/۵ درجه سانتی‌گراد از آن کاسته شد تا به ۲۱ درجه سانتی‌گراد رسید و پس از آن در همین دما ثابت نگهداشته شد. از یک برنامه نوری ۲۳ ساعت روشنایی و ۱ ساعت تاریکی استفاده شد و آب و خوراک به‌طور آزاد در اختیار جوجه‌ها قرار گرفت. مقدار خوراک مصرفی در انتهای هر دوره (۲۴ و ۴۲ روزگی) در هر واحد آزمایشی (جایگاه بستری) اندازه‌گیری شد. به این صورت که دان باقی مانده در هر دانخوری از مقدار دان ریخته شده در طول دوره برای آن واحد آزمایشی کسر و مقدار خوراک مصرفی دوره محاسبه شد. با توجه به اینکه در برخی واحدهای آزمایشی در طول دوره تلفات وجود داشت، محاسبه خوراک مصرفی بر اساس روز مرغ در هر واحد آزمایشی انجام شد. افزایش وزن جوجه‌ها در هر دوره زمانی از تفاضل میانگین وزن در ابتدا و انتهای دوره محاسبه شد. پس از محاسبه میانگین خوراک مصرفی و میانگین افزایش وزن روزانه، میانگین ضریب تبدیل غذایی برای هر واحد آزمایشی از تقسیم کردن خوراک مصرفی در دوره آزمایشی بر افزایش وزن بدن در آن دوره محاسبه شد.

در سنین ۲۴ و ۴۲ روزگی یک قطعه پرنده از هر جایگاه که از نظر وزنی به میانگین گروه نزدیک بود، انتخاب شد و پس از توزین، کشتار شده و قطعات لاشه و اندام‌های آن شامل سینه، ران‌ها، گردن، بال‌ها، پشت، کبد، پانکراس و چربی بطنی وزن‌کشی شد (وزن این اندام‌ها نسبت به وزن زنده محاسبه شد).

به منظور اندازه‌گیری غلظت کلسیم، فسفر و آلکالین فسفاتاز سرم خون، نمونه‌های سرم جدا شده تـا زمـان اندازه‌گیری فراسنجه‌های مورد نظر (کلسیم، فسفر و آلکالین‌فسفاتاز) در داخـل فریـزر و دمـای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. غلظت کلسیم، فسفر و آلکالین‌فسفاتاز سرم خون بـه روش رنگ‌سنجی با استفاده از دستگاه اتوآنالایزر (مدل BT3000) و با استفاده از کیت‌های تشخیص طبی پارس آزمون انجـام گرفـت.

به‌منظور ارزیابی درصد خاکستر، کلسیم، فسفر استخوان درشت‌نی و همچنین مقاومت آن در برابر شکست، از پرندگان کشتار شده در سن ۲۴ و ۴۲ روزگی، استخوان درشت نی پای چپ یک پرنده از هر جایگاه جداسازی شد. پس از جداسازی گوشت و بافت‌های نرم خصوصیات فیزیکی شامل طول استخوان و قطر ناحیه دیافیز استخوان با استفاده از میکرومتر دیجیتال ثبت گردید. برای تعیین مقاومت در برابر شکست استخوان درشت‌نی از دستگاه اینسترون[1] استفاده شد. پس از آن استخوان‌ها در آون با دمای ۱۰۳ درجه‌سانتی‌گراد به مدت ۱۲ ساعت خشک شده و پس از چربی‌گیری با دی‌اتیل‌اتر مجدداً در دمای ۱۰۳ درجه‌سانتی‌گراد به مدت ۱۲ ساعت خشک گردید. وزن استخوان خشک ثبت گردید و پس از آسیاب کامل نمونه‌ها توزین و در کوره الکتریکی با حرارت ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۲ ساعت به خاکستر تبدیل شد. خاکستر استخوان درشت‌نی به صورت درصدی از وزن خشک آن محاسبه شد (۷). در پایان، درصد کلسیم و فسفر موجود در خاکستر استخوان با روش طیف‌سنجی پلاسمای جفت‌شده القایی (ICP-OES; Spectro Arcos System, Germany, model 76004555) اندازه‌گیری شد (۱).

به منظور بررسی اثر تیمارهای آزمایشی، داده‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی با استفاده از رویه مدل خطی عمومی نرم افزار (۲۰۰۹) SAS 9.4 مورد آنالیز آماری قرار گرفت. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. سطح احتمال بین ۰/۰۵ تا ۰/۱ به عنوان متمایل به معنی‌داری در نظر گرفته شد. مقایسات مستقل خطی و درجه دو در پاسخ به کاهش سطوح کلسیم و فسفر قابل‌دسترس جیره در هر دوره آزمایش (رشد و پایانی) نیز انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج مربوط به میانگین وزن بدن، افزایش وزن روزانه، مصرف خوراک روزانه و ضریب تبدیل غذایی در دوره رشد (۲۴-۱۱روزگی)، دوره پایانی (۴۲-۲۵روزگی) و کل دوره آزمایش (۴۲-۱۰روزگی) به ترتیب، در جداول ۳، ۴ و ۵ گزارش داده شده است. در این دوره‌ها، اثر تیمارهای آزمایشی بر هیچ یک از صفات عملکرد رشد معنی‌دار نبود. در دوره‌های ۴۲-۱۱ روزگی و ۴۲-۲۵ روزگی، کاهش فسفر قابل دسترس و کلسیم جیره به میزان ۱۵ درصد در دوره رشد که با کاهش این مواد معدنی به میزان صفر تا ۳۰ درصد در دوره پایانی دنبال شد، ضریب تبدیل را به‌طور خطی افزایش داد.

در توافق با نتایج این آزمایش گزارش شده است هنگامی که سطوح کلسیم و فسفر قابل‌دسترس جیره با رعایت نسبت ثابت کاهش یافت، عملکرد رشد پرنده تحت تأثیر قرار نگرفت و افزایش کلسیم جیره در فسفر قابل‌دسترس پایین جیره منجر به کاهش مصرف خوراک و در نهایت کاهش عملکرد پرنده در ۲۱ روزگی شد. همچنین با کاهش سطح کلسیم جیره از ۰/۹ به ۰/۷ در جوجه‌های تغذیه شده با ۰/۳۵ درصد فسفر قابل‌دسترس سبب بهبود عملکرد رشد شد (۲۵). در یک آزمایش نشان داده شد که کاهش سطح فسفر قابل‌دسترس جیره می‌تواند باعث بهبود ضریب تبدیل غذایی، کاهش خوراک مصرفی و افزایش وزن بدن شود.

1-Model H5K5, Tinius Olsen Company

جدول ٤- تأثیر کاهش کلسیم و فسفر قابل دسترس جیره غذایی بر میانگین وزن بدن، افزایش وزن روزانه، مصرف خوراک روزانه و ضریب تبدیل غذایی جوجه‌های گوشتی در دوره پایانی (۴۲-۲۵ روزگی)

Table 4- Effects of reduction in dietary calcium and available phosphorus levels (%) on growth performance of broiler chickens during 25 to 42 d of age

صفات عملکرد	میزان کاهش سطح کلسیم و فسفر قابل دسترس در دوره ۲۴-۱۱ روزگی (درصد نسبت به شاهد) Reduction in dietary calcium and available phosphorus levels from 11 to 24d of age (% of standard diet)										
	0	15				30					
		میزان کاهش سطح کلسیم و فسفر قابل دسترس در دوره ۴۲-۲۵ روزگی (درصد نسبت به شاهد) Reduction in dietary calcium and available phosphorus levels from 25 to 42 d of age (% of standard diet)									
Performance traits	0	0	10	20	30	0	10	20	30	P-value	SEM
میانگین وزن بدن (گرم/پرنده) ABW (g/bird)	2385.06	2368.02	2428.01	2347.65	2345.56	2352.99	2327.66	2371.17	2333.49	0.3881	29.316
افزایش وزن روزانه (گرم/پرنده/روز) DWG (g/bird/day)	85.38	84.78	84.36	84.19	81.79	83.14	82.09	83.89	81.92	0.3855	1.268
مصرف خوراک روزانه (گرم/پرنده/روز) DFI (g/bird/day)	135.41	131.79	133.09	136.69	132.37	135.45	130.89	130.28	130.19	0.5587	2.616
ضریب تبدیل غذایی (گرم:گرم) FCR (g:g)	1.59	1.56	1.58	1.62	1.62	1.63	1.59	1.60	1.59	0.2709	0.021

مدل تابعیت (P-value)
Contrasts (P-Value)

	خطی Linear	درجه ۲ Quadratic	خطی Linear	درجه ۲ Quadratic
میانگین وزن بدن ABW	0.3320	0.3525	0.9080	0.8346
افزایش وزن روزانه DWG	0.1324	0.4583	0.7629	0.7437
مصرف خوراک روزانه DFI	0.6497	0.2919	0.2239	0.4532
ضریب تبدیل غذایی FCR	0.0107	0.4921	0.3126	0.6672

ABW: Average body weight, DWG: Daily weight gain, DFI: Daily feed intake, FCR: Feed conversion ratio

جدول ۵- تأثیر کاهش کلسیم و فسفر قابل دسترس جیره غذایی بر عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی در کل دوره آزمایشی (۴۲-۱۱روزگی)

Table 5- Effects of reduction in dietary calcium and available phosphorus levels (%) on growth performance of broiler chickens during 11 to 42 d of age

صفات عملکرد Performance traits	میزان کاهش سطح کلسیم و فسفر قابل دسترس در دوره ۲۴-۱۱ روزگی (درصد نسبت به شاهد) Reduction in dietary calcium and available phosphorus levels from 11 to 24d of age (% of standard diet)									P-value	SEM
	0	15				30					
	میزان کاهش سطح کلسیم و فسفر قابل دسترس در دوره ۴۲-۲۵ روزگی (درصد نسبت به شاهد) Reduction in dietary calcium and available phosphorus levels from 25 to 42 d of age (% of standard diet)										
	0	0	10	20	30	0	10	20	30		
افزایش وزن روزانه (گرم/پرنده/روز) DWG (g/bird/day)	67.55	67.35	68.54	66.10	66.99	66.61	65.96	66.78	66.44	0.7810	1.045
مصرف خوراک روزانه (گرم/پرنده/روز) DFI (g/bird/day)	107.00	105.22	106.95	106.04	107.87	106.06	106.49	102.96	104.37	0.7580	1.904
ضریب تبدیل غذایی (گرم:گرم) FCR (g:g)	1.59	1.56	1.56	1.60	1.61	1.59	1.57	1.58	1.57	0.4977	0.018
	مدل تابعیت (P-value) Contrasts (P-Value)										
			خطی Linear	درجه ۲ Quadratic			خطی Linear	درجه ۲ Quadratic			
افزایش وزن روزانه DWG			0.4718	0.8921			0.9514	0.8876			
مصرف خوراک روزانه DFI			0.4619	0.9815			0.2887	0.7860			
ضریب تبدیل غذایی FCR			0.0232	0.8436			0.5438	0.6927			

ABW: Average body weight, DWG: Daily weight gain, DFI: Daily feed intake, FCR: Feed conversion ratio

از آنجایی که بدن از طریق مکانیسم‌های فیزیکی و کنترل هورمونی، مصرف غذا را با توجه به مقدار کلسیم و فسفر مورد استفاده تنظیم می‌کند؛ در نتیجه بالا بردن میزان کلسیم و فسفر جیره به بیش از میزان احتیاجات می‌تواند باعث کاهش مصرف خوراک شود (۸).

در تحقیقی که در جوجه‌های گوشتی ۲۱-۱ روزگی انجام شد، بالاترین افزایش وزن بدن و مصرف خوراک در تیمارهای حاوی ۰/۶ درصد کلسیم مشاهده شد (در مقایسه با تیمارهای حاوی ۰/۴، ۰/۸، ۱، ۱/۲، ۱/۴ و ۱/۶ درصد کلسیم)، همچنین با کاهش میزان کلسیم جیره ضریب تبدیل غذایی پرندگان بهبود یافت (۱۴). در تطابق با نتایج آزمایش حاضر، داندو و انجل (۱۲) نیز هیچ‌گونه اثر معنی‌داری از فسفر غیر فیتات جیره بر عملکرد جوجه‌های گوشتی مشاهده نکردند. در مطالعه درسجانت–لی و همکاران (۱۰) نیز با کاهش سطح کلسیم جیره اثر معنی‌داری بر صفات عملکردی جوجه‌های گوشتی مشاهده نشد.

در متاآنالیز انجام شده توسط مونتماینی و همکاران (۱۸) پیش‌بینی شد که برای حداکثر مصرف خوراک و افزایش وزن روزانه در دوره رشد به ترتیب به ۰/۴۵ و ۰/۴۴ فسفر قابل دسترس و ۱ درصد کلسیم در جیره غذایی مورد نیاز است؛ در حالی که اگر کلسیم جیره غذایی به ۰/۶ درصد کاهش یابد عملکرد رشد مشابه با ۰/۳۴ و ۰/۳ فسفر قابل‌دسترس حاصل می‌شود. پیشنهاد شده است که سطوح بالای کلسیم جیره غذایی منجر به کاهش اشتهای پرنده و تشدید کمبود فسفر شده و این به نوبه خود باعث کاهش رشد بافت‌های استخوانی و نرم پرنده می‌شود (۱۳). در نتیجه با کاهش همزمان کلسیم و فسفر جیره با رعایت نسبت ثابت می‌توان به عملکرد رشد مشابه دست یافت (۲۴). در توافق با نتایج این آزمایش، اویکه و همکاران (۲۲) نشان دادند که عملکرد رشد جوجه‌های گوشتی دریافت‌کننده جیره با ۳۰ درصد کاهش در سطح کلسیم و فسفر قابل‌دسترس تحت تأثیر قرار نگرفت.

در آزمایش حاضر عدم معنی‌داری صفات عملکردی علی‌رغم کاهش کلسیم و فسفر قابل‌دسترس جیره غذایی ممکن است به دلیل رعایت نسبت ۲ به ۱ کلسیم به فسفر در تمام تیمارهای آزمایشی باشد. همچنین پیشنهاد شده است که حداکثر تا ۳۰ درصد کاهش در سطوح کلسیم و فسفرقابل دسترس جیره غذایی، احتیاجات کلسیم و فسفر قابل‌دسترس پرنده را برای حداکثر رشد بافت نرم تأمین خواهد کرد (۲۸).

جدول ٦- تأثیر کاهش کلسیم و فسفر قابل دسترس جیره غذایی بر درصد اجزای لاشه جوجه‌های گوشتی در ۲۴ روزگی

Table 6- Effects of reduction in dietary calcium and available phosphorus levels (%) on carcass characteristics of broilers at 24 d of age

اجزای لاشه (درصد) Carcass traits (%)	میزان کاهش سطح کلسیم و فسفر قابل دسترس در دوره ۲۴-۱۱ روزگی (درصد نسبت به شاهد) Reduction in dietary calcium and available phosphorus levels from d of age (% of standard diet) 11 to 24 0	15	30	P-value	SEM	مدل تابعیت Contrasts خطی Linear	درجه ۲ Quadratic P-Value
لاشه Carcass	56.78	56.56	55.60	0.5722	0.820	0.3297	0.7168
بال، پشت و گردن Wing, Back and Neck	16.33	16.22	16.32	0.9749	0.362	0.9878	0.8255
ران Thigh	18.09	18.02	17.22	0.0955	0.285	0.0517	0.3185
سینه Breast	22.36	23.32	22.06	0.9303	0.609	0.7304	0.8874
چربی شکمی Abdominal fat	0.68	0.66	0.63	0.6629	0.041	0.6411	0.4455
پانکراس Pancreas	0.33	0.39	0.35	0.2592	0.024	0.6589	0.1198
کبد Liver	2.28	2.54	2.70	0.1286	0.135	0.0487	0.7861

نتایج مربوط به وزن نسبی اجزای لاشه در سن ۲۴ روزگی در جدول ۶ نشان داده شده است. هیچ یک از صفات لاشه تحت تأثیر تیمارهای

آزمایشی قرار نگرفت؛ با این وجود وزن نسبی کبد در سن ۲۴ روزگی به‌طور معنی‌داری طی یک روند خطی با کاهش سطح کلسیم و فسفر قابل‌دسترس جیره افزایش یافت. به‌طور کلی در ارتباط با تاثیر سطوح کلسیم و فسفر قابل‌دسترس جیره بر درصد اجزای لاشه، اطلاعات کمی در دسترس است. در توافق با نتایج این آزمایش ویوروس و همکاران (۲۹) بیان داشتند که کاهش میزان فسفر قابل دسترس جیره می‌تواند وزن نسبی کبد را در سن ۶ هفتگی به‌طور معنی‌داری افزایش دهد. این احتمال می‌رود که پرنده برای جبران کمبود کلسیم و فسفر مورد نیاز خود و ثابت نگه داشتن سطح کلسیم و فسفر خون، با افزایش وزن کبد سعی می کند آنزیم‌های کبدی به‌ویژه آلکالین‌فسفاتاز بیشتری تولید کند. آسونا و همکاران (۴) گزارش کردند که به وسیله افزودن آنزیم فیتاز به جیره دوره رشد جوجه‌های گوشتی وزن هیچ یک از اندام‌های داخلی بدن تحت تاثیر قرار نگرفت. گزارش شده است که حذف کل مکمل مواد معدنی از جیره جوجه‌های گوشتی در سنین ۴۲-۲۸ روزگی اثر معنی‌داری بر وزن لاشه و وزن نسبی سینه ندارد (۱۱).

نتایج مربوط به تاثیر کاهش سطوح کلسیم و فسفر جیره بر میزان کلسیم، فسفر و آلکالین فسفاتاز سرم، در سن ۲۴ روزگی در جدول ۷ نشان داده شده است. به‌طوری که در روز ۲۴ بیشترین میزان آلکالین‌فسفاتاز سرم (P<۰/۰۵) در تیمار ۳۰ درصد کاهش سطح کلسیم و فسفر قابل‌دسترس جیره مشاهده شد که به‌طور معنی‌داری بیشتر از تیمار شاهد بود. در توافق با نتایج این آزمایش خیری و رحمانی (۱۶) بیان کردند که کاهش سطح کلسیم جیره به میزان ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد پایین‌تر فاقد هر گونه تاثیر معنی‌دار بر سطح کلسیم و فسفر سرم خون بود. قبادی و همکاران (۱۵) بیان کردند که با کاهش سطوح کلسیم جیره میزان کلسیم سرم به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد؛ اما سطوح فسفر غیرفیتاتی اثری بر غلظت کلسیم سرم نداشت. با این وجود در آزمایش حاضر سطح کلسیم و فسفر سرم تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت. پیشنهاد شده است که افزایش فعالیت آلکالین‌فسفاتاز که از طریق جیره‌های حاوی سطوح فسفر پایین ایجاد می‌شود، می‌تواند از طریق فعالیت استئوبلاست‌ها القا شود. بدین‌ترتیب که پرنده با افزایش تولید و ترشح آلکالین‌فسفاتاز درصدد جبران کمبود کلسیم و فسفر جیره برای ثابت نگه داشتن سطح کلسیم و فسفر خون برمی‌آید. این وضعیت معمولاً در پرندگان جوان، حیوانات در حال رشد و در ناهنجاری‌هایی که طی رشد و تغییر شکل استخوان رخ می‌دهد، اتفاق می‌افتد (۳۱).

جدول ۷- تأثیر کاهش کلسیم و فسفر قابل دسترس جیره غذایی بر میزان کلسیم، فسفر و آلکالین فسفاتاز سرم خون جوجه‌های گوشتی در ۲۴ روزگی[۱]

Table 7- Effects of reduction in dietary calcium and available phosphorus levels (%) on calcium, phosphorus and alkaline phosphatase levels in serum on d 24 of age[1]

فراسنجه‌های خونی Blood factors	میزان کاهش سطح کلسیم و فسفر قابل دسترس در دوره ۲۴-۱۱ روزگی (درصد نسبت به شاهد) Reduction in dietary calcium and available phosphorus levels from 11 to 24d of age (% of standard diet)				SEM	مدل تابعیت Contrasts	
	0	15	30	P-value		خطی Linear (P-Value)	درجه ۲ Quadratic (P-Value)
کلسیم (دسی لیتر/میلی‌گرم) Calcium (mg/dL)	7.92	7.76	7.60	0.6989	0.263	0.4070	1.0000
فسفر (دسی لیتر/میلی‌گرم) Phosphorus (mg/dL)	5.26	5.22	5.14	0.8173	0.135	0.5412	0.9057
(لیتر/واحد)*آلکالین فسفاتاز Alkaline phosphatase (U/L)	11180[b]	13920[ab]	15550[a]	0.0452	1096.78	0.0155	0.687

[۱]در هر ردیف اعداد با حروف غیر مشابه از لحاظ آماری اختلاف معنی‌دار دارند (P< ۰/۰۵).

[1] Means within the same row with no common superscript letter differ significantly (P < 0.05).

نتایج مربوط به بررسی خصوصیات استخوان درشت‌نی در سن ۲۴ و ۴۲ روزگی در جداول ۸ و ۹ گزارش شده شده است. هیچ یک از صفات وزن، طول و قطر استخوان در روزهای ۲۴ و ۴۲ تحت تأثیر تیمارها قرار نگرفت. در سن ۲۴ روزگی درصد خاکستر، کلسیم و فسفر استخوان طی یک روند خطی با کاهش سطح کلسیم و فسفر قابل‌دسترس جیره غذایی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (P<۰/۰۵). مقاومت در برابر شکست استخوان درشت‌نی در سن ۲۴ روزگی در بین تیمارهای آزمایشی تفاوت معنی‌داری نداشت؛ با این وجود تابعیت خطی آن با کاهش سطح کلسیم و فسفر قابل‌دسترس جیره غذایی متمایل به معنی‌داری بود. در سن ۴۲ روزگی درصد خاکستر، کلسیم، فسفر و

مقاومت در برابر شکست استخوان درشت‌نی به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفت؛ به‌طوری که کم‌ترین درصد خاکستر، کلسیم، فسفر و مقاومت در برابر شکست استخوان در تیمار محدودیت کلسیم و فسفر به مقدار ۳۰ درصد کمتر از حد استاندارد در هر دو دوره رشد و پایانی مشاهده شد که با تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری داشت (P<۰/۰۵). با این وجود در تیمارهای محدودیت کلسیم و فسفر به مقدار ۱۵ و صفر درصد استاندارد به ترتیب در دوره‌های رشد و پایانی و همچنین محدودیت ۱۵ و ۱۰ درصد در دوره‌های رشد و پایانی در ارتباط با شاخص‌های استخوانی تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد مشاهده نشد.

آزمایش روسو و همکاران (۲۵) نشان داد که وزن خاکستر درشت‌نی، درصد خاکستر و مقاومت در برابر شکست در سن ۲۱ روزگی در پرندگان تغذیه شده با ۰/۶ درصد کلسیم و ۰/۳ فسفر غیرفیتاته در مقایسه با پرندگان تغذیه شده با ۰/۱ درصد کلسیم و ۰/۴۵ درصد فسفر قابل‌دسترس کاهش یافت، در حالی که در سن ۳۵ روزگی هیچ‌گونه تفاوت معنی‌داری از نظر شاخص‌های استخوانی میان تیمارها مشاهده نشد. پژوهش شاو و همکاران (۲۶) نشان داد که بالا بردن سطوح فسفر قابل‌دسترس در جیره جوجه‌های گوشتی در سنین ۲۸-۰ روزگی، درصد خاکستر استخوان درشت‌نی را به‌طور معنی‌داری افزایش می‌دهد. مصرف کلسیم بیش از مقدار احتیاجات باعث کاهش رشد، کاهش بازدهی مصرف خوراک و افزایش میزان خاکستر و کشش پذیری استخوان می‌شود. از طرفی افزایش میزان فسفر در جیره هم باعث ایجاد محدودیت در قابلیت دسترسی کلسیم در روده شده که این امر از طریق تحریک ترشح هورمون پاراتیروئید و در نتیجه افزایش بازجذب کلسیم از استخوان، موجب کاهش میزان خاکستر استخوان می‌شود (۹). در پژوهش گاتیر و همکاران (۱۴) مقاومت در برابر شکست و مقدار خاکستر درشت‌نی به‌طور معنی‌داری در تیمار حاوی ۰/۶ درصد کلسیم بیشتر از سایر تیمارها بود، همچنین بیشترین طول و عرض استخوان درشت‌نی در تیمارهای حاوی ۰/۴ و ۰/۶ درصد کلسیم مشاهده شد. گزارش شده است که مقاومت در برابر شکست و میزان خاکستر درشت‌نی در جوجه‌های گوشتی تغذیه شده با کمترین سطوح کلسیم و فسفر نسبت به جوجه‌های تغذیه شده با تیمارهای حاوی سطوح بالاتر این دو ماده معدنی مشابه بودند (۲۴). در یک آزمایش افزایش سطح کلسیم جیره از ۰/۶ تا ۱ گرم در کیلوگرم جیره جوجه‌های گوشتی، تاثیر معنی‌داری بر درصد خاکستر، کلسیم و فسفر و مقاومت در برابر شکست استخوان درشت‌نی نداشت (۱۷).

عدم تعادل کلسیم و فسفر در جیره غذایی می‌تواند شاخص‌های درشت‌نی مانند میزان کلسیم و فسفر را کاهش داده و سطح بیان mRNA کالبیندین و هم‌انتقالی (NaP_i-Iib) را در روده کوچک جوجه‌های گوشتی تحریک کند (۱۹). توسعه و رشد استخوان درشت‌نی در جوجه‌های گوشتی عموما توسط تراکم و محتوای مواد معدنی در استخوان، مقاومت در برابر شکست و میزان خاکستر آن تعیین می‌شود (۲۷). به‌طور کلی نشان داده شده است که تراکم مواد معدنی و محتوای خاکستر درشت‌نی در مقایسه با مقاومت در برابر شکست استخوان، شاخص‌های حساس‌تری در ارتباط با کلسیم و فسفر جیره می‌باشد (۲۳). پاسخ‌های متفاوت بین عملکرد رشد و شاخص‌های استخوانی این‌طور توضیح داده می‌شود که احتیاجات کلسیم و فسفر پرنده برای حداکثر عملکرد استخوان نسبت به رشد بافت نرم بالاتر است. در واقع استخوان حاوی ۹۹ درصد کلسیم و ۸۰ درصد فسفر بدن می‌باشد و هر دو به عنوان جزء اصلی هیدروکسی آپاتیت در مرحله معدنی شدن بافت نرم در ترکیب با ماتریکس آلی استخوان برای افزایش مقاومت مکانیکی استخوان شرکت می‌کنند (۲۵).

نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی می‌توان نتیجه‌گیری نمود که کاهش درصد کلسیم و فسفر جیره در دوره رشد و پایانی علی‌رغم تأثیر معنی‌دار بر فراسنجه‌های خونی و استخوانی جوجه‌های گوشتی، هیچ‌گونه اثر معنی‌داری بر عملکرد رشد پرندگان نداشت. البته در برخی از صفات اندازه‌گیری شده مانند درصد خاکستر، کلسیم و فسفر استخوان درشت‌نی با کاهش درصد کلسیم و فسفر قابل‌دسترس جیره غذایی تا ۱۵ درصد در دوره رشد و ۱۰ درصد در دوره پایانی قابل قبول بوده ولی با کاهش بیشتر درصد کلسیم و فسفر جیره به مقدار ۳۰ درصد کمتر از حد استاندارد در هر دو دوره رشد و پایانی اثرات منفی آن مشاهده شد.

جدول ۸- تأثیر کاهش کلسیم و فسفر قابل دسترس جیره غذایی بر خصوصیات استخوان درشت‌نی جوجه‌های گوشتی در ۲۴ روزگی[۱]

Table 8- Effects of reduction in dietary calcium and available phosphorus levels (%) on tibia characteristics at 24 d of age[1]

فراسنجه Parameter	میزان کاهش سطح کلسیم و فسفر قابل دسترس در دوره ۲۴-۱۱ روزگی (درصد نسبت به شاهد) Reduction in dietary calcium and available phosphorus levels from 11 to 24d of age (% of standard diet)			P-value	SEM	مدل تابعیت Contrasts P-Value	
	0	15	30			خطی Linear	درجه ۲ Quadratic
وزن(گرم) Weight (g)	2.20	2.15	2.11	0.1699	0.028	0.0670	0.9240
طول (میلی‌متر) Length (mm)	67.16	69.33	66.35	0.3281	1.368	0.6862	0.1593
قطر(میلی‌متر) Diameter (mm)	5.89	5.70	5.40	0.4602	0.269	0.2296	0.8594
میزان خاکستر(٪)* Ash * (%)	50.15[a]	49.38[ab]	47.14[b]	0.0733	0.831	0.0306	0.4870
کلسیم (٪) Calcium (%)	18.36[a]	17.61[ab]	16.91[b]	0.0550	0.357	0.0190	0.9556
فسفر (٪) Phosphorus (%)	8.56[a]	8.53[a]	7.73[b]	0.0120	0.172	0.0076	0.1000
مقاومت در برابر شکست (نیوتن) Breaking strength	153.90	139.15	128.43	0.2126	9.408	0.0878	0.8650

[۱] در هر ردیف اعداد با حروف غیر مشابه از لحاظ آماری اختلاف معنی‌دار دارند (P< ۰/۰۵).

[1] Means within the same line with no common superscript letter differ significantly ($P < 0.05$).

جدول ۹- تأثیر کاهش کلسیم و فسفر قابل دسترس جیره غذایی بر خصوصیات استخوان درشت‌نی جوجه‌های گوشتی در ۴۲ روزگی[1]

Table 9- Effects of reduction in dietary calcium and available phosphorus levels (%) on tibia characteristics at 42 d of age[1]

فراسنجه Parameter	میزان کاهش سطح کلسیم و فسفر قابل دسترس در دوره ۲۴-۱۱ روزگی (درصد نسبت به شاهد) Reduction in dietary calcium and available phosphorus levels from 11 to 24d of age (% of standard diet): 0	15				30				P-value	SEM
	میزان کاهش سطح کلسیم و فسفر قابل دسترس در دوره ۴۲-۲۵ روزگی (درصد نسبت به شاهد) Reduction in dietary calcium and available phosphorus levels from 25 to 42 d of age (% of standard diet): 0	0	10	20	30	0	10	20	30		
وزن(گرم) Weight (g)	5.93	5.76	6.35	6.12	6.50	6.54	6.49	6.09	6.00	0.5087	0.293
طول (میلی‌متر) Length (mm)	95.87	94.51	98.59	96.74	98.60	97.13	96.32	97.78	96.04	0.5574	1.400
قطر(میلی‌متر) Diameter (mm)	8.45	8.12	8.79	8.37	8.54	8.39	8.78	8.35	8.47	0.9534	0.376
میزان خاکستر(٪)* Ash * (%)	49.04^{a}	47.35^{ab}	47.37^{ab}	43.83^{cd}	43.46^{cd}	47.03^{b}	44.93^{cd}	43.97^{de}	42.13^{e}	<0.0001	0.592b
کلسیم (٪) Calcium (%)	17.79^{a}	16.83^{ab}	16.56^{ab}	16.19^{ab}	15.21^{b}	17.69^{a}	16.97^{ab}	15.62^{b}	15.67^{b}	0.0421	0.588
فسفر(٪) Phosphorus (%)	8.36^{a}	8.21^{ab}	7.71^{cd}	7.75^{bcd}	7.32^{d}	8.10^{abc}	8.12^{abc}	7.49^{d}	7.60^{d}	0.0003	0.151
مقاومت در برابر شکست (نیوتن) Breaking strength	342.63^{a}	292.98^{ab}	287.55^{ab}	272.43^{ab}	242.43^{b}	339.55^{a}	284.65^{ab}	264.70^{ab}	241.60^{b}	0.0620	24.678

مدل تابعیت (P-value)
Contrasts (P-Value)

	خطی	درجه ۲	خطی	درجه ۲
وزن Weight	0.1963	0.7574	0.1489	0.9469
طول Length	0.1741	0.4912	0.7554	0.7242
قطر Diameter	0.6635	0.5683	0.9171	0.7108
میزان خاکستر Ash	0.0001	0.7156	0.0011	0.8709
کلسیم Calcium	0.0196	0.4301	0.0260	0.5685
فسفر Phosphorus	0.0002	0.7795	0.0106	0.7852
مقاومت در برابر شکست Breaking strength	0.2054	0.6669	0.0019	0.3889

[1] در هر ردیف اعداد با حروف غیر مشابه از لحاظ آماری اختلاف معنی‌دار دارند (P< ۰/۰۵).

[1] Means within the same line with no common superscript letter differ significantly (P < 0.05).

Refrences

1. AOAC. 2006. Method 990.08: Metals in Solid Wastes. In Official Methods of Analysis of AOAC International. 18th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.
2. Applegate, T. J., and R. Angel. 2008. Phosphorus requirements for poultry. A Key Ingredient in Livestock and Poultry Nutrient Management. USDA, Washington, DC.
3. Ashwell, C. M., and R. Angel. 2010. Nutritional genomics: a practical approach by early life conditioning with dietary phosphorus. Revista Brasileira de Zootecnia, 39: 268–278.
4. Assuena, V., O. M. Junqueira, K. F. Duarte, A. C. Laurentiz, R. S. Filardi, and S. Sgavioli. 2009. Effect of dietary phytase supplementation on the performance bone densitometry and phosphorus and nitrogen excretion of broilers. Brazilian Journal of Poultry Science, 11: 25 – 30.
5. Aviagen. 2014. Ross 308: Broiler Nutrition Specifications. Aviagen Inc., Huntsville, Alabama, USA.
6. Bar, A., M. Shani, C. S. Fullmer, M. E. Brindak, and S. Striem. 1990. Modulation of chick intestinal and renal calbindin gene expression by dietary vitamin D3, 1, 25-dihydroxyvitamin D3, calcium and phosphorus. Molecular and Cellular Endocrinology, 72: 23–31.
7. Brenes, A., A. Viveros, I. Arija, C. Centeno, M. Pizarro, and C. Bravo. 2003. The effect of citric acid and microbial phytase on mineral utilization in broiler chicks. Animal Feed Science and Technology, 110: 201–219.
8. Carlos, A. L., O. M. Junqueira, R. S. Filardi, K. F. Duarte, V. Assuena, and S. Sgavioli. 2009. Performance, litter composition, tibia, liver and excreta of broilers fed diets containing reduced levels of phosphorus and phytase enzyme. Revista Brasileira de Zootecnia, 38: 1938-1947.
9. Coto, C. A., F. Yan, S. Cerrate, Z. Wang, P. Sacakli, and P. W. Waldroup. 2007. Effects of dietary levels of calcium and nonphytate phosphorus in broiler starter diets on total and water-soluble phosphorus excretion as influenced by phytase and addition of 25-hydroxycholecalciferol. International Journal of Poultry Science, 12: 937-943.
10. Dersjant-Lia, Y., C. Evansa, and A. Kumarb. 2018. Effect of phytase dose and reduction in dietary calcium on performance, nutrient digestibility, bone ash and mineralization in broilers fed corn-soybean meal-based diets with reduced nutrient density. Animal Feed Science and Technology, 242: 95–110.
11. Deyhim, F., and R. G. Teeter. 1993. Dietary vitamin and /or trace mineral premix effects on performance, humoral mediated immunity, and carcass composition of broilers during thermoneutral and high ambient temperature distress. Applied Poultry Research, 2: 347-355.
12. Dhandu, A. S., and R. Angel. 2003. Broiler non-phytin phosphorus requirement in the finisher and withdrawal phases of a commercial four-phase feeding system. Poultry Science, 82: 1257-1265.
13. Driver, J., G. Pesti, R. Bakalli, and H. Edwards Jr. 2005. Effects of calcium and nonphytate phosphorus concentrations on phytase efficacy in broiler chicks. Poultry science, 84: 1406-1417.
14. Gautier, A. E., C. L. Walk, and R. N. Dilger. 2017. Effects of a high level of phytase on broiler performance, bone ash, phosphorus utilization, and phytate dephosphorylation to inositol. Poultry Science, 97: 211-218.
15. Ghobadi, Y., A. Hassanabadi, and A. Shahrami. 2010. Effects of diets containing low calcium and low available phosphorus levels on male broiler chickens performance. Animal Science Researches, 4: 89-102. (in Persian)
16. Khiri, F., and H. R. Rahmani. 2006. The effect of reducing calcium and phosphorus on broiler performance. International Journal of Poultry Science, 5: 22-25.
17. Kim, J. H., G. P. Han, J. E. Shin, and D. Y. Kil. 2017. Effect of dietary calcium concentrations in phytase-containing diets on growth performance, bone mineralization, litter quality and footpad dermatitis score in broiler chickens. Animal Feed Science and Technology, 229: 13-18.
18. L'etourneau-Montminy, M. P., A. Narcy, P. Lescoat, J. F. Bernier, M. Magnin, C. Pomar, Y. Nys, D. Sauvant, and C. Jondreville. 2010. Meta-analysis of phosphorus utilisation by broilers receiving corn soyabean meal diets: influence of dietary calcium and microbial phytase. Animal, 4: 1844–1853.
19. Li, j., J. Yuan, Y. Guo1, Q. Sun, and X. Hu. 2012. The influence of dietary calcium and phosphorus imbalance on intestinal NaPi-IIb and Calbindin mRNA expression and tibia parameters of broilers. Asian-Australasian Journal of Animal Science, 4: 552-558.
20. Li, W., R. Angel, S. W. Kim, E. Jimenez-Moreno, M. Proszkowiec-Weglarz, and P. W. Plumstead, 2014. Age and adaptation effects to Ca and P deficiencies: Effect on P digestibility. Poultry Science, 84: 2917-2931.
21. National Research Council. 1994. Nutrient Requirements of Poultry. 9th rev. ed. National Academy Press, Washington, DC.
22. Oikeh, I., P. Sakkas, D. P. Blake, and I. Kyriazakis. 2019. Interactions between dietary calcium and phosphorus level, and vitamin D source on bone mineralization, performance, and intestinal morphology of coccidia-infected broilers. Poultry Science, 98: 5679-5690.
23. Onyango, E. M., P. Y. Hester, R. Stroshine, and O. Adeola. 2003. Bone densitometry as an indicator of percentage tibia ash in broiler chicks fed varying dietary calcium and phosphorus levels. Poultry Science, 82: 1787-1791.
24. Rama Rao, S. V., M. V. L. N. Raju, M. R. Reddy, and P. Pavani. 2006. Interaction between dietary calcium and non-phytate phosphorus levels on growth, bone mineralization and mineral excretion in commercial broilers. Animal Feed

Science and Technology, 131: 135-150.
25. Rousseau, X., A. S. Valable, M. P. Letourneau-Montminy, N. Meme, E. Godet, M. Magnin, Y. Nys, M. J. Duclos, and A. Narcy. 2016. Adaptive response of broilers to dietary phosphorus and calcium restrictions. Poultry Science, 12: 2849-2860.
26. Shaw, A. L., J. P. Blake, and E. T. Moran. 2010. Effects of flesh attachment on bone breaking and of phosphorus concentration on performance of broilers hatched from young and old flocks. Poultry Science, 89: 295–302.
27. Shim, M. Y., A. B. Karnuah, and A. D. Mitchell. 2012. The effects of growth rate on leg morphology and tibia breaking strength, mineral density, mineral content and bone ash in broilers. Poultry Science, 91: 1790-1795.
28. Valable, A. S., A. Narcy, M. J. Duclos, C. Pomar, G. Page, Z. Nasir, M. Magnin, and M. P. Létourneau-Montminy. 2018. Effects of dietary calcium and phosphorus deficiency and subsequent recovery on broiler chicken growth performance and bone characteristics. Animal, 12: 1555-1563.
29. Viveros, A., A. Brenes, I. Arija, and C. Centeno. 2002. Effects of microbial phytase supplementation on mineral utilization and serum enzyme activities in broiler chicks fed different levels of phosphorus. Poultry Science, 81: 1172-1183.
30. Yan, F., R. Angel, C. M. Aschwell, A. Mitchell, and M. Christan. 2005. Evaluation of the broiler's ability to adapt to an early moderate deficiency of phosphorus and calcium. Poultry Science, 84: 1232-1241.
31. Zantop, D. W. 1997. Biochemistries in avian medicine: principles and applications. Wingers Publishing Inc., Lake Worth, FL.

Iranian Journal of Animal Science Research
Vol. 13, No. 4, Winter 2022, p. 551-567

نشریه پژوهشهای علوم دامی ایران
جلد ۱۳، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰، ص. ۵۶۷-۵۵۱

Effect of dietary calcium and phosphorus restriction during grower period on growth performance, carcass traits, blood and bone parameters and broiler chickens adaptation in finisher period

Hadi Noruzi[1], Ahmad Hassanabadi[2*], Abolghasem Golian[2]
Submitted: 22-05-2020
Accepted: 02-01-2021

Noruzi, H., A. Hassanabadi, and A. Golian. 2022. Effect of dietary calcium and phosphorus restriction during grower period on growth performance, carcass traits, blood and bone parameters and broiler chickens adaptation in finisher period. Iranian Journal of Animal Science Research 13(4):551-567.

Introduction: In recent years, increasing feed costs in broiler production encouraged nutritionists to reduce feeding expenditure, along with maintaining optimal performance of broiler chickens and minimizing environmental pollution. Phosphorus and calcium are two important minerals in the poultry diets, which is necessary to accurately feeding these minerals in the poultry nutrition. Environmental contamination, as a result of over-feeding of phosphorus by poultry, is a matter of concern, which has urged researchers to seek solutions such as reducing dietary phosphorus concentrations without adversely affecting the growth performance. Also, due to the interaction effect of phosphorus and calcium in the gastrointestinal tract, the ratio and balance between these two elements is also important. It has been argued that broiler chicks, when fed by diets containing lower levels of phosphorus and calcium, absorb these materials with higher efficacy and thus reduce their excretion from the gastrointestinal tract. Yan et al. (2005) reported that feeding broiler chickens with diets containing reduced levels of phosphorus and calcium during starter phase, and then using diets containing sufficient levels of phosphorus and calcium, caused better utilization and bone mineralization. Birds respond to dietary phosphorus and calcium content, by increasing the expression of mRNA encoding calcium and phosphorus transporters in the small intestine.

More studies are needed to optimize the levels of phosphorus and calcium in the early stages of growth, as well as fine-tuning the appropriate time period for decreasing them with the aim of designing nutritional strategies that increase the utilization of phosphorus and improving the growth performance and mineralization of the bones. Therefore, the aim of this study was to determine the effect of phosphorus and calcium restriction during grower phase and its effect on growth performance, blood and bone parameters and adaptation response in broiler chicks.

Materials and Methods: A total of 648 one-day-old male broiler chicks of the Ross 308 strain were used in this study. The chicks were randomly distributed into floor pens (1.2 m × 1m). During the starter period (1-10 d), all birds were fed with a standard diet containing recommended nutrients of the Ross 308 strain. Then, the experimental diets in the grower period (11-24 d) were included: 1) standard diet as control 2) diets with 15% reduction in available phosphorus (aP) and calcium (Ca) and 3) diets with 30% reduction in aP and Ca. In this period, the control treatment included 6 replicates of 12 chicks, and the other two treatments included 24 replicates with 12 chicks each. On d 25 of age, each treatment group (except control) was divided into 4 treatment groups including 0, 10, 20 and 30% reduction in aP and Ca levels for the finisher period diets; so that a total of 9 dietary treatments with 6 replicates and 12 birds per pen were formed. Average body weight (BW), daily feed intake (DFI), daily weight gain (DWG) and feed conversion ratio (FCR) were measured at the end of grower and finisher periods. On day 24, one bird from each pen, weighing closest to the mean body weight was selected and slaughtered, and the carcass parts, as well as internal organs were weighted and expressed relative to live body weight. Blood samples were taken from wing vein of 5 chicks in each treatment on day 24 and serum Ca, Pi and

1- Ph.D. student, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
2- Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
*Corresponding Author Email: hassanabadi@um.ac.ir
Doi:10.22067/ijasr.2021.38295.0

ALP levels were analyzed. Percentage of ash, Ca, Pi and breaking strength of tibia, were measured at the ages of 24 and 42 days. Data were analyzed as a completely randomized design using the General Linear Model (GLM) procedure in SAS software (SAS, 2009). Statistical significance of differences among treatments was assessed using Duncan's test when the F-test from the ANOVA was declared significant ($P < 0.05$). The probability level between 0.05 and 0.1 was considered as a marginal trend toward significance. Linear and quadratic contrast was also investigated in response to dietary calcium and phosphorus reduction at the end of each experimental period (grower and finisher).

Results and Discussion: The results of this experiment showed that none of growth performance parameters were affected by the treatments during the grower, finisher and the whole experimental period. The relative liver weight was increased in a linear trend with dietary calcium and phosphorus reduction at 24 d of age. Similarly, serum alkaline phosphatase level was linearly increased with decreasing of calcium and phosphorus reduction at 24 d of age. Tibia ash, calcium and phosphorus percentage were significantly affected by experimental treatments; so that they were decreased in a linear trend when dietary calcium and phosphorus decreased at 24 and 42 d of age. Tibia breaking strength was not significantly affected at 24 d of age; nevertheless, it had a trend to be significant and was decreased in response to decreasing dietary calcium and phosphorus at 42 d of age. The different response between growth performance and bone characteristics can be due to the fact that calcium and phosphorus requirements are higher for maximum bone function than soft tissues growth. In fact, bone contains 99% and 80% of the body's calcium and phosphorus, respectively. Both act as the main component of hydroxyapatite during the hardening of soft tissue in combination with the organic bone matrix to increase the mechanical strength of bone.

Conclusion: The present study showed that reducing the percentage of dietary calcium and phosphorus, despite their significant effect on the blood and bone characteristics of broilers chicken had no significant effect on broilers growth performance. In general, available phosphorus and calcium can be reduced by 15% during the grower period and up to 10% in the finisher period. However, further reduction in the percentage of calcium and phosphorus of diet can lead to adverse effects on the measured traits.

Keywords: Alkaline phosphatase, Breaking strength, Feed intake, Tibia ash, Weight gain.